

特開2003-17627

(P 2003-17627 A)

(43) 公開日 平成15年1月17日 (2003. 1. 17)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード ¹ (参考)
H01L 23/13		C04B 37/02	C 4G026
C04B 37/02		H05K 1/02	F 5E338
H01L 23/12		H01L 23/12	C 5F036
23/36			J
H05K 1/02		23/36	C
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全9頁)			

(21) 出願番号 特願2001-197165 (P 2001-197165)

(22) 出願日 平成13年6月28日 (2001. 6. 28)

(71) 出願人 00003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 那波 隆之

兵庫県掛保郡太子町鰯300番地 株式会社

東芝姫路半導体工場内

(74) 代理人 100078765

弁理士 波多野 久 (外1名)

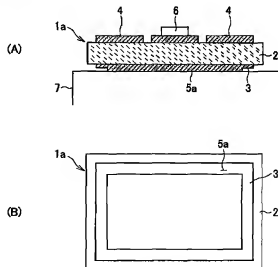
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミックス回路基板およびそれを用いた半導体モジュール

(57) 【要約】

【課題】 金属回路板等の接合部の半田層やセラミックス基板に熱応力や反りによるクラックが発生することを効果的に防止でき、長期間に亘って優れた耐久性及高い信頼性が得られるセラミックス回路基板およびそれを用いた半導体モジュールを提供する。

【解決手段】 セラミックス基板2の表面側に金属回路板4を接合する一方、裏面側に裏金属板5aを接合したセラミックス回路基板1aにおいて、裏金属板5aに、上記金属回路板4の厚さの10～90%の深さを有する熱応力緩和部3を設けるとともに、上記金属回路板4の体積に対する裏金属板5aの体積の比が0.6以下であることを特徴とするセラミックス回路基板1aである。



- 1a セラミックス回路基板
- 2 セラミックス基板
- 3 熱応力緩和部(段差)
- 4 金属回路板
- 5a 裏金属板
- 6 半導体素子
- 7 ヒートシンクベース

【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミックス基板の表面側に金属回路板を接合する一方、裏面側に裏金属板を接合したセラミックス回路基板において、裏金属板に、上記金属回路板の厚さの10～90%の深さを有する熱応力緩和部を設けるとともに、上記金属回路板の体積に対する裏金属板の体積の比が0.6以下であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項2】 前記熱応力緩和部が、裏金属板の外周縁に形成された段差であることを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項3】 前記熱応力緩和部が、裏金属板に形成された複数の溝であることを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項4】 前記熱応力緩和部が、裏金属板に形成された凹陥部であることを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項5】 前記金属回路板のセラミックス基板に対する接合面積が前記裏金属板のセラミックス基板に対する接合面積より小さいことを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項6】 前記裏金属板の厚さが0.15～0.5mmの範囲であることを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項7】 セラミックス回路基板が、裏金属板側が凹になるように反っていることを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項8】 前記金属回路板および裏金属板は、銅、アルミニウム、タングステン、モリブデンおよびそれらの合金の少なくとも1種から成ることを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項9】 前記セラミックス基板が、窒化けい素、窒化アルミニウム、アルミナ、ジルコニアおよびAl—Zrセラミックスのいずれかから成ることを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項10】 前記金属回路板は、直接接合法、活性金属接合法およびアルミニウム系ろう材接合法のいずれかによって前記セラミックス基板に接合されていることを特徴とする請求項1記載のセラミックス回路基板。

【請求項11】 請求項1ないし請求項10のいずれかに記載のセラミックス回路基板の裏金属板にヒートシンクベースを配設したことを特徴とする半導体モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はセラミックス回路基板およびそれを用いた半導体モジュールに係り、特に金属回路板等の接合部の半田層やセラミックス基板に熱応力や反りによるクラックが発生することを効果的に防止でき、長期間に亘って優れた耐久性と高い信頼性が得ら

れるセラミックス回路基板およびそれを用いた半導体モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来からアルミナ (Al_2O_3) 焼結体などのように絶縁性に優れたセラミックス基板の表面に、導電性を有する金属回路板をろう材や接着剤やメタライズ金属層で一体に接合したセラミックス回路基板がパワートランジスタモジュールなどの半導体モジュール用基板やスイッチング電源モジュール用基板として広く普及している。

【0003】 しかしながら上記セラミックス回路基板においては、金属回路板とセラミックス基板との間に、ろう材や接着剤やメタライズ層のような介在物が存在するため、両者間の熱抵抗が大きくなり、金属回路板上に設けられた半導体素子の発熱を系外に迅速に放熱させることが困難であるという問題点があった。

【0004】 このような問題点を解消するため、上記ろう材や接着剤やメタライズ層を使用せずに、所定形状に打ち抜いた金属回路板をセラミックス基板上に接触配置させて加熱するだけで直接接合する方法が検討されている。すなわち、直接接合法は、セラミックスと金属とを、ろう材層や接着剤層やメタライズ層などの接合層を介さずに直接的に接合する方法である。この直接接合法では金属中あるいは金属表面に存在する結合剤（銅の場合は酸素）と金属との共晶液相が生成されて両部材が直接的に接合される。

【0005】 図4(A)、(B)、(C)はそれぞれの従来のセラミックス回路基板の構成例を示す平面図、断面図および背面図である。セラミックス基板2の材質としては、アルミナ (Al_2O_3)、ジルコニア (ZrO_2)、ムライト等の酸化物系セラミックス焼結体や窒化けい素 (Si_3N_4)、窒化アルミニウム (AlN) 等の窒化物系焼結体を使用される。

【0006】 すなわち、 Si_3N_4 基板などのセラミックス基板2の表面側には、Cu回路板などの金属回路板4が一体に接合される一方、裏面側にはCu板などの裏金属板5が接合され、金属回路板4の所定位置に半導体素子6が接合されてセラミックス回路基板1が構成されている。

【0007】 また、上記従来のセラミックス回路基板1においては、発熱時の反りを防止するために、金属回路板4と裏銅板5との体積が1:1と等しくなるように調整されていた。

【0008】 また、近年の半導体素子の高集積化、高出力化に伴って半導体素子6からの発熱量も増大しており、この半導体素子6からの多量の発熱を効率的に放散させるために、図4(B)に示すように、半導体モジュールでは、従来からセラミックス回路基板1の素子搭載面と反対側の裏銅板5に、銅 (Cu) や Al—SiC 系材料から成るヒートシンクベース7を半田付け法によって一

体に接合している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のセラミックス回路基板を使用した半導体モジュールにおいては、セラミックス基板の寸法および厚さ、金属回路板のパターン形状や厚さによっては、セラミックス回路基板およびヒートシンクベースの反り量や反り方向が相反することが多いため、ヒートシンクベースに回路基板を半田付けた後に作用する繰り返しの熱履歴によって半田接合部にクラックが発生し、セラミックス回路基板の耐久性および動作信頼性が短期間で低下してしまうという問題点があった。

【0010】また、現在までのセラミックス基板の材質や金属回路板等の接合方法の改良により、セラミックス基板と金属回路板との接合に関して、回路基板としての繰り返しの熱サイクル特性（TCT特性）の向上はある程度までは達成されている。しかしながら、裏金属板とヒートシンクベースとの接合構造までを含めた回路基板の熱サイクル特性の改善効果は未だに十分な域には達していないといった問題点があった。

【0011】本発明は上記問題点を解決するためになされたものであり、特に金属回路板等の接合部の半田層やセラミックス基板に熱応力や反りによるクラックが発生することを効果的に防止でき、長期間に亘って優れた耐久性と高い信頼性が得られるセラミックス回路基板およびそれを用いた半導体モジュールを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明に係るセラミックス回路基板は、セラミックス基板の表面側に金属回路板を接合する一方、裏面側に裏金属板を接合したセラミックス回路基板において、裏金属板に、上記金属回路板の厚さの10～90%の深さを有する熱応力緩和部を設けるとともに、上記金属回路板の体積に対する裏金属板の体積の比が0.6以下であることを特徴とする。

【0013】また、上記セラミックス回路基板において、前記熱応力緩和部が、裏金属板の外周縁に形成された段差であることが好ましい。さらに、前記熱応力緩和部が、裏金属板に形成された複数の溝であることも好ましい。また、前記熱応力緩和部を、裏金属板に形成された凹陥部で形成することもできる。

【0014】本発明においては、裏金属板に所定深さの段差、溝、凹陥部で形成した熱応力緩和部を設けているため、ヒートシンクベースと裏金属板との間の一部分に厚い半田層が形成されることになり、繰り返しの熱サイクルが作用した場合においても熱応力が大幅に緩和され、半田クラックが発生しにくく、高い信頼性を有する回路基板が得られる。

【0015】すなわち、半田層は、熱伝導率が小さい

め、可及的に薄く形成することが望ましいが、過度に薄いと繰り返しの熱履歴によって半田層での熱応力が大きくなり、半田クラックが生じ易くなる。しかるに、上記のような熱応力緩和部を設けることにより、ヒートシンクベースと裏金属板とを半田接合した際に、熱応力緩和部に対応する半田層の部分に軟質で厚い半田部が形成される。この半田部によって半田層内に生じる熱応力が大幅に緩和低減されて半田クラックが発生しにくい回路基板が得られるのである。また、熱が作用したときに発生するヒートシンクベースの反りも、上記熱応力緩和部において吸収され、ヒートシンクベースの反りが回路基板に与える影響も少なくなる。

【0016】特に半田クラックは、応力集中部となる裏金属板とヒートシンクベースとの接合部の外周部に発生し易いため、熱応力緩和部は外周方向に開放される形状であることが好ましい。その点で、特に熱応力緩和部を裏金属板の外周縁に段差として形成することが好ましい。

【0017】また、上記段差、溝、凹陥部から成る熱応力緩和部の深さは、裏金属板表面より、金属回路板の厚さの10～90%の範囲の深さを有することが好ましい。上記段差が10%未満の場合には熱応力の緩和効果が少ない。一方、90%を超えるように深くなると、裏金属板の強度が低下してしまうのでセラミックス基板と裏金属板の接合部に生じた応力により裏金属板が変形してしまう可能性がある。そのため、熱応力緩和部の深さは金属回路板の厚さの10～90%とされるが30～70%の範囲がより好ましい。

【0018】なお、上記段差、溝、凹陥部からなる熱応力緩和部の形成方法としては、予めプレス加工等により段差等を形成した裏金属板をセラミックス基板の裏面に接合する方法、または金属回路板素材および裏金属板素材をセラミックス基板に接合し、金属回路板素材をエッチング処理して回路形成した後に、裏金属板素材のみをソフトエッチング処理して段差等を形成する方法などが採用できる。

【0019】また本発明のセラミックス回路基板において、金属回路板の体積に対する裏金属板の体積の比を0.6以下とし、相対的に裏金属板量を低減しているため、熱が回路基板に作用したときに裏金属板側が重点的に凹となるように所定量の反りが発生する。このような方向に反りが生じたとしても、裏金属板側に熱応力緩和部があることから、反りにより生じた変形を裏金属板のみで緩和できるのである。

【0020】なお、金属回路板または裏金属板が複数の金属板片から成る場合において、金属回路板または裏金属板の体積は、それぞれの金属板片の体積を合計した値として計算したものである。

【0021】上記金属回路板の体積に対する裏金属板の体積の比が0.6を超えること、反りの方向が金属回路板

10

20

30

40

50

側に凹となり易くなり裏金属板に熱応力緩和部を設ける効果が得られなくなる。また、裏金属板の体積があまり小さ過ぎて反り量が増大するので、上記体積比は0.6以下と規定されるが0.4~0.6の範囲がより好ましい。

【0022】また、本発明に係るセラミックス回路基板において、裏金属板のセラミックス基板に対する接合面積をX、金属回路板（表金属板）のセラミックス基板に対する接合面積をYとしたとき、 $X < Y$ とすることも可能である。一般に、金属回路板と裏金属板の材質が同じであった場合、接合面積が大きい方が裏金属板が伸びるので反り量が大きくなり、接合面積の大きい側が凸状に反りが生じる。しかしながら、本発明に係るセラミックス回路基板では、金属回路板と裏金属板の体積比〔（裏金属板の体積比/金属回路板の体積比）を0.6以下にしているため、熱応力が生じたときに裏金属板側が凹状に反るように反り方向を制御しているため、上記 $X < Y$ のような形状をとることも可能である。

【0023】このような $X < Y$ の形状を満たすことにより、金属回路板上に接続された半導体素子等の発熱素子から生じた熱を金属回路板およびセラミックス基板を介して、裏金属板、さらにはヒートシンクベースへ直線的に熱を逃すことができる。そのため、セラミックス基板と表裏金属板との接合部、さらには裏金属板とヒートシンクベースの接合部の熱サイクル特性を向上でき信頼性の高い半導体モジュールが得られる。

【0024】さらに本発明に係るセラミックス回路基板において、裏金属板の厚さを0.15~0.5mmの範囲とすることにより、セラミックス回路基板の構成材の熱膨張差による変形などの影響を低減することができる。

【0025】さらに本発明のセラミックス回路基板を構成する金属回路板および裏金属板としては、特に限定されるものではないが、銅、アルミニウム、タングステン、モリブデンおよびそれらの合金の少なくとも1種から構成するとよい。特に熱伝導性、原料コストおよび導電性の観点から、銅、アルミニウムが好ましい。

【0026】また、セラミックス基板の種類についても、特に限定されるものではないが、窒化けい素（Si₃N₄）、窒化アルミニウム（AlN）、アルミナ（Al₂O₃）、ジルコニア（ZrO₂）およびAl-Zrセラミックスのいずれかで構成するとよい。特に特開2000-34172に開示しているように、高強度で60W/m・K以上の熱伝導率を有する窒化けい素焼結体で形成した基板が好ましい。

【0027】さらに金属回路板は、直接接合法、活性金属接合法およびアルミニウム系ろう材接合法のいずれかによってセラミックス基板に接合することが好ましい。なお、上記Al-Zrセラミックスとは、Al₂O₃およびZrO₂の合計量に対し、Al₂O₃を20~80

質量%含有したセラミックス焼結体のことである。また、各種セラミックスは必要に応じて焼結助剤等を含有してよいことは言うまでもない。

【0028】ここで、直接接合法を用いる場合で、金属回路板が銅回路板である場合、銅直接接合法（DBC法）における結合剤は酸素であるので、この銅回路板はCu-O共晶化合物によりセラミックス基板に接合されることになる。さらに金属回路板がアルミニウム回路板である場合、アルミニウム直接接合法（DBA法）における結合剤はけい素が好ましいので、このアルミニウム回路板はAl-Si共晶化合物によりセラミックス基板に接合される。

【0029】また活性金属法は、Ti、Zr、Hfなどの活性金属を含有するろう材を介して金属回路板をセラミックス基板に一体に接合する方法であり、Alろう材接合法は、Alを含有するろう材を介して金属回路板をセラミックス基板に一体に接合する方法である。

【0030】本発明に係る半導体モジュールは、上記のように調製したセラミックス回路基板の裏金属板にヒートシンクベースを配設して構成される。

【0031】上記構成に係るセラミックス回路基板およびそれを用いた半導体モジュールによれば、裏金属板に所定深さを有する段差、溝、凹陥部かなる熱応力緩和部を形成しているため、ヒートシンクベースと裏金属板との間の一部分に厚い半田層が形成されることになり、繰り返して熱サイクルが作用した場合においても熱応力が大幅に緩和され、半田クラックが発生しにくく、高い信頼性を有する回路基板が得られる。上記一部分に厚い半田層を形成することにより、裏金属板/（裏金属板+半田）/半田層/ヒートシンクベース、の傾斜組成構造が実質的に形成されることになり熱応力の緩和効果が得られるものと考えられる。また、必ずしも熱応力緩和部に半田をすべて充填する必要はなく、応力緩和部の体積に対し10容率%以上、好ましくは10~90容率%で半田が充填されていれば本発明の効果は十分得られる。

【0032】なお、本発明の裏金属板とヒートシンクベースの接合には、一般的に使用されている半田のみならず、BAg-8等のろう材や高分子を主成分とした接着剤などを使用しても問題はない。また、本発明のヒートシンクベースは、いわゆるヒートシンク（放熱板）のみを示すのではなく、実装ボードなどのセラミックス回路基板が接合または実装されるものは全て含むものとする。

【0033】また金属回路板の体積に対する裏金属板の体積の比を0.6以下とし、相対的に裏金属量を低減しているため、熱が回路基板に作用したときに裏金属板側が重点的に凹となるように所定量の反りが発生する。この反り方向であれば、裏金属板の熱応力緩和部で反りにより生じた応力を緩和できるので、反りにより起きる不具合を解消できる。

【0034】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施形態について以下に示す実施例を参照して具体的に説明する。

【0035】実施例1～10および比較例1～6

表1に示すように、セラミックス基板として縦55mm×横37mmのSi₃N₄基板、AlN基板およびAl₂O₃基板を多数用意した。各セラミックス基板の厚さは表1に示す通りである。一方、表1に示す厚さを有するCuまたはAl製の表金属板（金属回路板）および裏金属板を多数用意した。

【0036】なお、各実施例用の裏金属板にはソフトエッチング加工により、それぞれ熱応力緩和部としての段差、溝、または凹陥部を形成した。すなわち、実施例1、4～10用の裏金属板の外周部には、図1に示すように、深さが0.12mmであり幅が2mmの段差3を形成した。また実施例2用の裏金属板には、図2に示すように幅が0.1mmの半円断面を有する溝3aを形成した。さらに、実施例3用の裏金属板は、図3に示すように5mm角で深さが0.12mmの凹陥部3bを形成した。一方、各比較例用の裏金属板は、図4に示すように熱応力緩和部を形成しないものを採用した。

【0037】また、表金属板（金属回路板）の体積に対する裏金属板の体積の比は表1に示す値となるように、表金属板の回路パターンを調整した。

【0038】こうして調製した表金属板および裏金属板を表1に示す活性金属法、DBC法またはDBA法を使用して各セラミックス基板に接合した。上記活性金属法では、65%Ag-30%Cu-5%Ti（質量%）から成るろう材ペーストを使用し、裏金属板とセラミックス基板との積層体を真空中で温度850℃で5～15分間保持して一体に接合した。

【0039】一方、DBC法では積層体を窒素ガス雰囲気中で温度1075℃で5～15分間加熱して一体に接合した。またDBA法では温度650℃で5～15分間加熱して一体に接合した。

【0040】各接合体の金属回路板の接合面積は、各実施例および比較例とともに、裏金属板の接合面積よりも小さくなるように金属回路板のサイズを調整した。

【0041】そして上記のように調整した各接合体の表側の金属回路板の所定位置に、低温半田を用いて半導体素子（Siチップ）を半田接合して各実施例および比較例に係るセラミックス回路基板を製造した。その後、表2に示す材料から成るヒートシンクベースを裏金属板側に高温半田を介して一体に接合することにより、図1～図3に示すような各実施例および比較例に係る評価用半導体モジュールを製作した。なお、裏金属板の熱

応力緩和部に充填される半田の割合は10～90容量%の範囲内とした。

【0042】図1は裏金属板5aの外周縁に熱応力緩和部3としての段差を形成したセラミックス回路基板1aの構成を示す図であり、セラミックス基板2の表面側に金属回路板4が接合される一方、裏面側に上記裏金属板5aが接合されている。また金属回路板4の所定位置に半導体素子6が接合される一方、裏金属板5aにヒートシンクベース7が一体に接合されて半導体モジュールが形成される。

【0043】図2は裏金属板5bの縦方向に熱応力緩和部3aとしての溝を形成したセラミックス回路基板1bの構成を示す図であり、セラミックス基板2の表面側に金属回路板4が接合される一方、裏面側に上記裏金属板5bが接合されている。また金属回路板4の所定位置に半導体素子6が接合される一方、裏金属板5bにヒートシンクベース7が一体に接合されて半導体モジュールが形成される。

【0044】図3は裏金属板5cの表面部に熱応力緩和部3bとしての凹陥部を形成したセラミックス回路基板1cの構成を示す図であり、セラミックス基板2の表面側に金属回路板4が接合される一方、裏面側に上記裏金属板5cが接合されている。また金属回路板4の所定位置に半導体素子6が接合される一方、裏金属板5cにヒートシンクベース7が一体に接合されて半導体モジュールが形成される。

【0045】そして上記のように調製した各実施例および比較例に係る評価用半導体モジュールの耐久性および信頼性を評価するために下記のような熱衝撃試験（ヒートサイクル試験：TCT）を実施し、裏金属板とヒートシンクベースとの間の半田層におけるクラック発生状況を調査した。ヒートサイクル試験は、各モジュールを-40℃で30分間保持し、次に室温（RT）まで昇温して10分間保持し、さらに125℃まで昇温して30分間保持し、引き続き室温まで冷却して10分間保持するまでを1サイクルとする昇温-降温サイクルを100サイクル繰り返して実施した。そして100サイクル終了後に、裏金属板とヒートシンクベースとの間の半田層におけるクラックの発生の有無を超音波探傷法により調査し、クラックが発生したモジュールの割合を調査した。

【0046】各モジュールに使用したセラミックス回路基板の仕様を表1に示すとともに、各モジュールの評価結果を下記表2に示す。

【0047】

【表1】

回路基板組み合わせ

回路基板 試料 No	セラミックス 基板種類	セラミックス 基板厚さ (mm)	金属板種類	表金属板厚さ (mm)	裏金属板厚さ (mm)	裏金属板形状	裏金属板/表金属板 の体積比	接合方法
実施例 1	Si ₃ N ₄	0.32	Cu	0.3	0.25	図1	0.4	活性金属法
実施例 2	Si ₃ N ₄	0.32	Cu	0.3	0.25	図2	0.6	活性金属法
実施例 3	Si ₃ N ₄	0.32	Cu	0.3	0.25	図3	0.5	活性金属法
実施例 4	Si ₃ N ₄	0.32	Cu	0.25	0.25	図1	0.6	活性金属法
実施例 5	Si ₃ N ₄	0.635	Cu	0.3	0.25	図1	0.5	活性金属法
実施例 6	AlN	0.635	Cu	0.3	0.25	図1	0.4	活性金属法
実施例 7	AlN	0.635	Cu	0.3	0.25	図1	0.6	DBC法
実施例 8	AlN	0.635	Al	0.3	0.25	図1	0.4	DBA法
実施例 9	Al ₂ O ₃	0.635	Cu	0.3	0.25	図1	0.6	活性金属法
実施例 10	Al ₂ O ₃	0.635	Cu	0.3	0.25	図1	0.6	DBC法
比較例 1	Si ₃ N ₄	0.32	Cu	0.3	0.25	図4	0.8	活性金属法
比較例 2	Si ₃ N ₄	0.32	Cu	0.25	0.25	図4	0.9	活性金属法
比較例 3	AlN	0.635	Cu	0.3	0.25	図4	0.8	活性金属法
比較例 4	AlN	0.635	Cu	0.3	0.25	図4	0.8	DBC法
比較例 5	Al ₂ O ₃	0.635	Cu	0.3	0.25	図4	0.8	活性金属法
比較例 6	Al ₂ O ₃	0.635	Cu	0.3	0.25	図4	0.8	DBC法

【0048】

【表2】

半導体モジュール	回路基板	ヒートシンクベース材質	ヒートシンクベース厚さ (mm)	TCTによる半田クラックの 発生率 (%)
実施例 1a	実施例 1	Cu	10	0
実施例 1b	実施例 1	Cu	20	0
実施例 1c	実施例 1	Al-SiC	20	0
実施例 2	実施例 2	Cu	20	0
実施例 3	実施例 3	Cu	20	0
実施例 4	実施例 4	Cu	20	0
実施例 5	実施例 5	Cu	20	0
実施例 6	実施例 6	Cu	20	0
実施例 7	実施例 7	Cu	20	0
実施例 8	実施例 8	Cu	20	0
実施例 9	実施例 9	Cu	20	0
実施例 10	実施例 10	Cu	20	0
比較例 1a	比較例 1	Cu	10	7
比較例 1b	比較例 1	Cu	20	5
比較例 1c	比較例 1	Al-SiC	20	5
比較例 2	比較例 2	Cu	20	6
比較例 3	比較例 3	Cu	20	18
比較例 4	比較例 4	Cu	20	30
比較例 5	比較例 5	Cu	20	20
比較例 6	比較例 6	Cu	20	35

【0049】上記表1～2に示す結果から明らかなように、裏金属板に段差、溝、凹陥部のいずれかの熱応力緩和部を設けるとともに、表裏の金属板の体積比を所定の範囲に規定した回路基板を有する各実施例の半導体モジュールでは、TCT試験後におけるクラックの発生は皆

無であり、優れた耐久性および信頼性を有することが判明した。

【0050】一方、熱応力緩和部を設けず、かつ表裏の金属板の体積比が過大な各比較例に係るモジュールでは、いずれも半田クラックが発生し、モジュールとして

の特性が低下することが再確認できた。

【0051】なお、各実施例および比較例のモジュールを構成するセラミックス回路基板においては、いずれもセラミックス基板自体にはクラックが発生しないことが確認されている。

【0052】実施例11～16

前記実施例2に係る半導体モジュールにおいて、セラミックス基板の表裏面に設ける金属回路板の接合面積と裏金属板の接合面積との大小関係を変えたとともに、裏金属板の厚さを表3に示すように種々変えた点以外は実施

例2と同様に処理して実施例11～16に係る半導体モジュールを製造した。

【0053】次に各モジュールに対して前記した昇温・降温条件による熱衝撃試験（TCT）を1000サイクル実施した後におけるセラミックス基板の反り方向を調査するとともに、半田層におけるクラックの発生率を測定して下記表3に示す結果を得た。また反りの方向によって凹面が形成される側で表示した。

【0054】

【表3】

	裏金属板の厚さ (mm)	裏金属板の接合面積Xと表金属板の 接合面積Yの関係	TCT1000サイクル後の 反りの方向	TCT1000サイクル後の 半田クラックの発生率 (%)
実施例11	0.15	$X > Y$	裏	0
実施例12	0.2	$X > Y$	裏	0
実施例13	0.3	$X > Y$	裏	0
実施例14	0.5	$X > Y$	裏	0
実施例15	0.05	$X > Y$	裏	3
実施例16	0.10	$X < Y$	表	6

【0055】上記表3に示す結果から明らかなように、表金属板（金属回路板）の接合面積Yが裏金属板の接合面積Xより小さい条件を満足する場合には、回路基板の反り方向が裏金属板側になり、その反りによって発生した応力が、裏金属板に形成した溝により効果的に緩和されているため、半田クラックの発生率が低下することが判明した。

【0056】一方、裏金属板が0.15mmより薄い実施例15の場合および表裏金属板の接合面積の大小が $X > Y$ を満たさない実施例16の場合では、熱応力緩和部としての溝を設ける効果が少ないことが確認できた。

【0057】特に、 $X < Y$ である実施例16ではTCT試験による表金属板の熱収縮が大きい反り方向が逆になってしまうことが確認された。また、このような形態では表金属板に半導体素子を搭載したときに、素子の熱が直線的にヒートシンクベースに伝わらないので、同様の不具合が生じてしまうといえる。

【0058】

【発明の効果】以上説明の通り、本発明に係るセラミックス回路基板およびそれを用いた半導体モジュールによれば、裏金属板に所定深さを有する段差、溝、凹陥部からなる熱応力緩和部を形成しているため、ヒートシンクベースと裏金属板との間の一部分に厚い半田層が形成されることになり、繰り返して熱サイクルが作用した場合においても熱応力が大幅に緩和され、半田クラックが発生しにくく、高い信頼性を有する回路基板が得られる。

【0059】また金属回路板の体積に対する裏金属板の体積の比を0.6以下とし、相対的に裏金属板量を低減しているため、熱が回路基板に作用したときに裏金属板側が重点的に凹となるように所定量の反りが発生する。この反りの方向および反り量は、ヒートシンクベースの反りの方向および反り量と一致することになるため、反りに起因する曲げ応力による基板の割れは解消される。

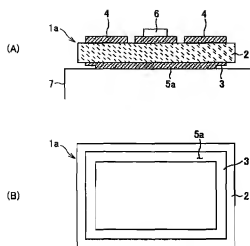
【図面の簡単な説明】

【図1】（A）、（B）はそれぞれ本発明の一実施例に係るセラミックス回路基板の断面図および背面図。
【図2】（A）、（B）はそれぞれ本発明の他の実施例に係るセラミックス回路基板の断面図および背面図。
【図3】（A）、（B）はそれぞれ本発明の他の実施例に係るセラミックス回路基板の断面図および背面図。
【図4】（A）、（B）、（C）はそれぞれ従来のセラミックス回路基板の構成を示す平面図、断面図および背面図。

【符号の説明】

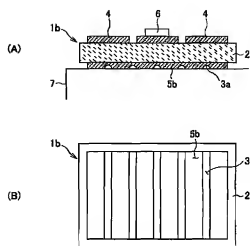
- 1, 1a, 1b, 1c セラミックス回路基板
- 2 セラミックス基板
- 3a, 3b 熱応力緩和部（段差、溝、凹陥部）
- 4 金属回路板
- 5a, 5b, 5c 裏金属板
- 6 半導体素子
- 7 ヒートシンクベース

【図 1】



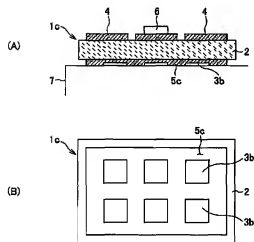
- 1a セラミックス回路基板
2 セラミックス基板
3 熱伝導部(段差)
4 金属回路板
5a 金属回路板
6 半導体素子
7 ヒートシンクペース

【図 2】



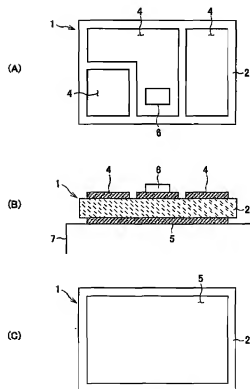
- 1b セラミックス回路基板
2 セラミックス基板
3a 熱伝導部(溝)
4 金属回路板
5b 金属回路板
6 半導体素子
7 ヒートシンクペース

【図 3】



- 1c セラミックス回路基板
2 セラミックス基板
3b 熱伝導部(凹陥部)
4 金属回路板
5c 金属回路板
6 半導体素子
7 ヒートシンクペース

【図 4】



- 1 セラミックス回路基板
2 セラミックス基板
4 金属回路板
5 金属回路板
6 半導体素子
7 ヒートシンクペース

フロントページの続き

F ターム(参考) 4G026 BA03 BA05 BA16 BA17 BB22
BB27 BC02 BF16 BG02 BG03
BG27 BH07
5E338 AA01 AA18 BB71 BB75 CC01
CD11 EE01 EE02 EE28
5F036 AA01 BA23 BB01 BB21 BC05